

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication:

**0 392 416**  
**A1**

(12)

# DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 90106745.4

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: H03H 2/00, H01Q 3/26

(22) Date de dépôt: 09.04.90

(30) Priorité: 13.04.89 FR 8904908

(43) Date de publication de la demande:  
17.10.90 Bulletin 90/42(84) Etats contractants désignés:  
DE FR GB IT(71) Demandeur: ALCATEL N.V.  
Strawinskylaan 341 (World Trade Center)  
NL-1077 XX Amsterdam(NL)

(72) Inventeur: Chesnoy, José

22, rue Emile Dubois  
F-75014 Paris(FR)  
Inventeur: Torchin, Lucien  
19, rue des Cordelières  
F-75013 Paris(FR)  
Inventeur: Biet, Michel  
13, rue du Périgord  
F-91300 Massy(FR)

(74) Mandataire: Weinmiller, Jürgen et al  
Lennéstrasse 9 Postfach 24  
D-8133 Feldafing(DE)

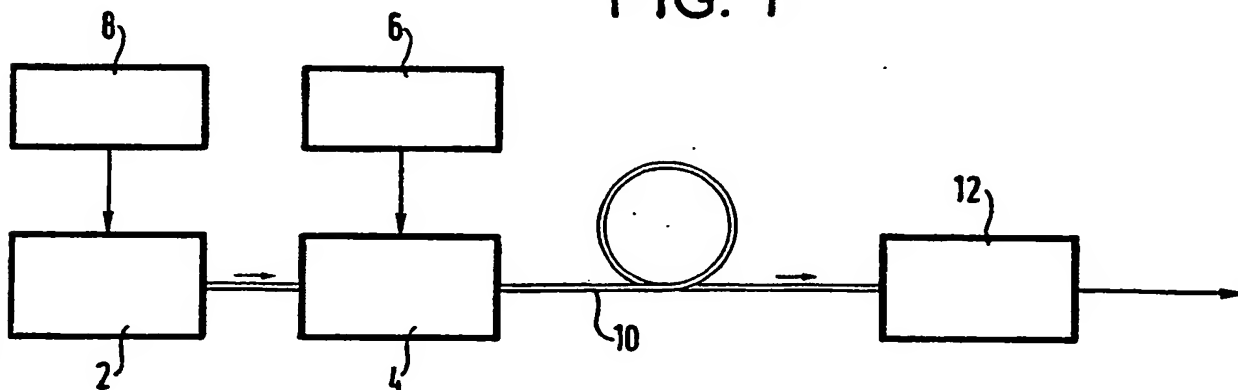
(54) Procédé pour appliquer un retard commande à un signal notamment d'hyperfréquence, dispositif retardeur, système de transmission optique et système d'antenne appliquant ce procédé.

(57) La présente invention permet notamment d'affecter un signal hyperfréquence d'un retard commandable continûment et rapidement dans une large plage et ceci à l'aide d'un dispositif simple. Ce signal est appliqué pour cela à un modulateur (4) pour moduler une onde optique fournie par un laser accordable (2). Le signal optique ainsi modulé est

transmis par une fibre optique fortement dispersive (10) à un récepteur opto-électrique (12) qui restitue un signal hyperfréquence retardé. La variation du retard est commandée par variation de la fréquence d'émission du laser (2).

L'invention s'applique notamment à la réalisation d'un système d'antenne à réseau.

## FIG. 1



EP 0 392 416 A1

**Procédé pour appliquer un retard commandé à un signal notamment d'hyperfréquence, dispositif retardateur, système de transmission optique et système d'antenne appliquant ce procédé.**

La présente invention concerne l'application d'un retard commandé à un signal, notamment à un signal électrique d'hyperfréquence, ce dernier étant éventuellement modulé par un signal porteur d'information et/ou utilisé dans un système d'antenne à réseau.

Un dispositif retardateur connu pour appliquer un tel retard comporte certains éléments qui lui sont communs, quant aux fonctions indiquées ci-après, avec un dispositif selon la présente invention. Ces éléments communs sont :

- un émetteur optique modulable en intensité pour recevoir un signal à retarder constituant un signal d'entrée et pour fournir en réponse un signal optique modulé par ce signal d'entrée,
- une fibre optique retardatrice pour recevoir en entrée ledit signal optique modulé et pour le guider en lui appliquant un retard,
- un récepteur pour recevoir ledit signal optique modulé en sortie de ladite fibre optique retardatrice et pour fournir un signal de sortie représentatif de la modulation qui affectait ce signal optique,
- et des moyens de commande de retard pour commander ledit retard appliqué par ladite fibre optique retardatrice.

Ledit signal optique modulé étant constitué par la modulation d'une onde porteuse optique, le retard qui lui est appliqué est égal au temps de propagation de cette onde porteuse sur la longueur de ladite fibre retardatrice.

L'ensemble partiel formé par cette fibre et lesdits moyens de commande de retard constitue ce que l'on appelle généralement une "ligne à retard variable". Le besoin de tels dispositifs optoélectroniques dans le domaine des hyperfréquences a été souvent évoqué comme cela résulte de divers documents connus qui sont indiqués en fin de la présente description, en particulier des documents numérotés 1 et 2.

Les variations du temps de propagation de l'onde porteuse dans la fibre retardatrice peuvent être discrètes grâce à une commutation de fibres de diverses longueurs. Elles peuvent aussi être continues. Une telle variation continue peut être obtenue soit par une variation de la longueur d'une fibre unique, soit par une variation de l'indice de réfraction effectif vu par l'onde porteuse dans une telle fibre. Deux dispositions seulement ont été décrites pour obtenir une variation continue : Selon l'une de ces dispositions on commande la longueur de la fibre par enroulement de celle-ci sur un mandrin cylindrique piézoélectrique et par application d'un champ électrique commandé à ce mandrin. Selon l'autre on utilise une fibre multimode et

on fait varier l'indice de réfraction effectif par sélection des modes de propagation de l'onde porteuse dans cette fibre (voir document 9).

On va tout d'abord examiner les lignes à retard connues prévues pour appliquer des retards discrets :

En utilisant des commutateurs électro-optiques permettant de changer de fibre retardatrice à l'aide d'une commande électrique, un changement discret du retard peut être obtenu. Le nombre des retards susceptibles d'être ainsi obtenus est petit si l'on utilise un seul étage de commutation (voir document 3). Il est plus important si l'on connecte en cascade plusieurs étages de commutateurs de fibres (voir document 8), mais une variation continue de phase reste impossible. De plus une telle ligne à retard nécessite la propagation du signal optique à travers plusieurs commutateurs électro-optiques ce qui provoque de fortes pertes d'insertion. D'autre part, si une telle ligne à retard doit offrir un grand choix de retards possibles, son poids sera important puisque chaque retard est obtenu à l'aide d'une fibre différente. Et on rencontrera des difficultés pratiques pour échelonner précisément les longueurs des fibres retardatrices si l'on souhaite obtenir un incrément fixe entre chaque retard.

On va maintenant examiner les lignes à retard connues prévues pour obtenir un changement du retard par élongation de la fibre retardatrice :

L'enroulement d'une fibre optique sur un mandrin piézoélectrique donne un moyen de commander la longueur d'une fibre par une commande électrique (voir document 4 et 9). Des variations relatives de longueur de l'ordre de  $10^{-3}$  pourraient être obtenues par cette méthode, ce qui permettrait d'atteindre un retard de 100 ps avec quelques dizaines de mètres de fibre. Une telle ligne à retard permet donc d'obtenir continûment de grands retards. Divers inconvénients sont néanmoins à noter : les hautes tensions de commande nécessaires (de l'ordre du kilovolt), l'hystérésis de l'élongation piézoélectrique, et aussi le fait que la bande passante de la commande du retard est limitée par l'inertie mécanique du mandrin (au mieux quelques dizaines de kilohertz). Une telle ligne à retard présente de plus une consommation importante d'énergie en régime dynamique, cette consommation étant due aux fortes capacités des éléments piézoélectriques. Le poids d'un tel dispositif ne sera pas constitué par la seule longueur de fibre nécessaire, mais aussi par le mandrin piézoélectrique. Il sera donc important. Dans l'expérience décrite la fréquence hyperfréquence est de 10 GHz,

le déphasage produit de  $20^\circ$  (soit 5,55 ps ou 1,11 mm). Une optimisation permettrait potentiellement d'atteindre 63 ps.

On va enfin examiner les lignes à retard connues dans lesquelles un changement d'indice permet de commander le retard :

L'écart d'indice entre cœur et gaine d'une fibre multimode atteint couramment  $10^{-2}$  ; des différences de temps de propagation considérables peuvent être obtenues sur de courtes longueurs de fibre. Par exemple, 3 m (voir document 2). Le changement de modes est obtenu par des moyens mécaniques, des microcourbures étant induites par un dispositif piézoélectrique. Les inconvénients sont donc similaires à ceux des lignes à retard qui utilisent une élongation de la fibre retardatrice, le poids étant cependant réduit. Des inconvénients supplémentaires sont le risque de couplage de modes, et les pertes dues aux microcourbures. L'expérience décrite pour la variation du temps de propagation de groupe est une transmission à 7 GHz avec un déphasage de  $15^\circ$ .

La présente invention a notamment pour buts :

- de permettre d'élargir la bande des fréquences de commande du retard qui est appliqué au signal à retarder,
- de commander ce retard en n'utilisant pour cela sensiblement aucune fibre optique autre qu'une fibre optique de transmission utilisée pour transmettre ce signal à retarder d'une zone d'entrée où il est reçu sous la forme dudit signal d'entrée à une zone de sortie qui est distante de cette zone d'entrée et où ce signal à retarder doit être restitué sous la forme dudit signal de sortie,
- de commander ce retard avec le même nombre de composants que pour réaliser un retard fixe,
- de commander ce retard sans augmenter sensiblement les pertes d'énergie du signal,
- de commander ce retard à l'aide d'un dispositif de faibles poids, encombrement et consommation d'énergie,
- de commander ce retard à l'aide d'un dispositif simple et peu coûteux n'utilisant que des tensions électriques modérées,
- et/ou de commander ce retard d'une manière continue dans une large plage de retards.

La présente invention a notamment pour objet un procédé pour appliquer un retard commandé à un signal modulant l'intensité d'une onde porteuse optique, caractérisé par le fait qu'on commande la fréquence de ladite onde porteuse et qu'on injecte cette dernière dans un guide d'ondes optiques dispersif.

Elle a aussi pour objet un dispositif retardateur commandé qui comporte les éléments communs précédemment mentionnés, et qui, selon la présente invention, peut présenter certaines au moins des dispositions préférées suivantes :

- L'émetteur optique comporte ;
- une source optique accordable pour fournir un signal optique à fréquence commandée,
- et des moyens de modulation pour que ledit signal optique à fréquence commandée soit modulé par ledit signal d'entrée,
- lesdits moyens de commande de retard comportant des moyens de commande de fréquence pour commander la fréquence optique de ladite source optique dans une bande de fréquences optiques de service,
- ladite fibre optique retardatrice présentant une dispersion chromatique de vitesse de groupe sensible dans ladite bande de fréquences optiques de service.
- Ladite fibre optique retardatrice présente un coefficient de dispersion supérieur à 15 ps/nm.km.
- Ladite source optique accordable est un laser semi-conducteur multisection.
- Lesdits moyens de modulation comportent un modulateur externe recevant et modulant un faisceau optique émis par ce laser semi-conducteur, étant entendu que, dans la mesure où la source optique pourrait être aisément modulée directement, on éviterait avantageusement l'utilisation d'un tel modulateur externe.

La présente invention a également pour objet un système de transmission pour transmettre un signal d'une zone d'entrée à une zone de sortie à distance de cette zone d'entrée, ce signal constituant un signal à transmettre et devant être retardé de manière commandée, ce système de transmission comportant une fibre optique de transmission s'étendant de cette zone d'entrée à cette zone de sortie pour transmettre ce signal sous une forme optique, ce système étant caractérisé par le fait qu'il constitue un dispositif retardateur selon l'une quelconque desdites dispositions préférées, ledit signal à retarder étant constitué par ledit signal à transmettre, et ladite fibre optique retardatrice étant constituée par ladite fibre optique de transmission.

La présente invention a encore pour objet un système d'antenne à réseau.

A l'aide des figures schématiques ci-jointes, on va décrire ci-après comment la présente invention peut être mise en oeuvre, étant entendu que les éléments et dispositions mentionnés et représentés ne le sont qu'à titre d'exemples non limitatifs. Lorsqu'un même élément est représenté sur plusieurs figures il y est désigné par le même signe de référence. Le mode de mise en oeuvre donné en exemple comporte les dispositions préférées décrites ci-dessus. En ce qui concerne les éléments qui ont été mentionnés à propos de ces dispositions, les signes de référence qui les désignent vont être indiqués après une brève description des figures :

La figure 1 représente une vue d'un dispositif retardateur selon la présente invention.

La figure 2 représente une vue en coupe d'une fibre optique retardatrice de ce retardateur.

La figure 3 représente une vue d'un système d'antenne à réseau selon la présente invention.

Sur ces figures les signes de référence sont comme suit :

- Laser semi-conducteur multisection 2 constituant ladite source accordable.
- Moyens de modulation 4 constitués par un modulateur électro-optique d'intensité recevant ledit signal à retarder à partir d'un circuit d'entrée 6.
- Moyens de commande de retard et de fréquence 8 commandant la fréquence du laser 2.
- Fibre optique retardatrice 10 avec un coeur 14 et une gaine optique 16 (Fig.2).
- Moyens de réception 12 constitués par un récepteur opto-électrique.

En ce qui concerne la source optique 2, tout laser accordable sur une plage d'au moins 2 nm est utilisable. On peut notamment utiliser un laser analogue au laser DFB à trois électrodes qui est décrit dans le document 5. Il émet à 1530 nm. Sa plage d'accordabilité continue est de 2 nm. La bande passante pour la modulation de fréquence optique de ce laser est supérieure à 1 GHz et détermine la bande passante pour la commande du retard. Des lasers de ce genre semblent pouvoir être réalisés pour émettre à d'autres longueurs d'onde, par exemple voisines de 1300 nm.

En ce qui concerne le modulateur d'intensité 4, de tels dispositifs sont disponibles commercialement aux fréquences hyperfréquence. Par exemple, la société américaine Crystal Technology réalise des modulateurs d'intensité dont la bande passante est 10 GHz. En laboratoire, des bandes passantes de 40 GHz sont annoncées (voir document 6).

En ce qui concerne la fibre retardatrice 10, elle est choisie en considérant que la plage de variation de retard recherchée est égale au produit de trois termes qui sont :

- la dispersion de la fibre, c'est-à-dire, plus précisément le coefficient de dispersion de vitesse de groupe au voisinage de la longueur d'onde moyenne utilisée,
- la longueur de la fibre,
- et la plage d'accord en longueur d'onde de la source optique utilisée.

En ce qui concerne plus particulièrement la dispersion, on sait que la dispersion chromatique d'une fibre monomode résulte de la superposition de deux effets ; l'effet du matériau et l'effet du guide (voir le livre de L.B. JEUNHOMME "Single Mode Fiber Optics " édité par Marcel DEKKER (New-York 1983). Habituellement, ces deux effets sont utilisés de manière qu'à la longueur d'onde moyenne utilisée les coefficients de dispersion correspondants se compensent. Selon la présente in-

vention, au contraire, on peut chercher à éviter une telle compensation pour obtenir une valeur aussi grande que possible de la dispersion et limiter ainsi la longueur de la fibre.

Pour cela, dans le cas où la longueur d'onde moyenne utilisée est voisine de 1530 nm, la fibre étant réalisée à base de silice, on cherche à conserver autant que possible la dispersion naturelle de ce matériau. Ceci est obtenu en réalisant des fibres dont le coeur est constitué de silice pure ou faiblement dopée, leur gaine optique étant dopée, par exemple à l'aide de fluor pour abaisser son indice de réfraction. Les dispersions couramment obtenues sont de 18 ps/nm.km.

Dans le cas où la longueur d'onde utilisée est voisine de 1300 nm on cherche à cumuler les deux effets précédemment mentionnés. Des fibres réalisées pour cela ont un fort dopage de leur coeur en oxyde de germanium  $\text{GeO}_2$  (écart d'indice maximum de 0,03) et un petit diamètre du coeur (4000 nm). Les dispersions obtenues couramment sont de 50 ps/nm.km.

Dans le cas cependant où le signal à retarder doit, indépendamment du retard que l'on veut lui appliquer, être transmis sous forme optique dans une fibre de grande longueur, il peut être inutile de prendre des dispositions pour augmenter la dispersion de la fibre.

Quant au récepteur optoélectrique 12 il peut être constitué d'un photodétecteur rapide disponible dans le commerce.

En ce qui concerne le système de transmission selon l'invention, il est constitué par le dispositif retardateur qui vient d'être décrit, dans le cas où une zone d'entrée comportant les éléments 2, 4, 6 et 8 est éloignée d'une zone de sortie comportant le récepteur 12.

Un retard commandé selon la présente invention peut être cumulé avec un retard commandé selon une autre méthode, en particulier quand la longueur que l'on peut donner à une fibre de transmission est trop petite pour que cette invention permette à elle seule d'obtenir un retard suffisant même si cette fibre est choisie fortement dispersive. La complémentarité possible avec la méthode connue d'enroulement sur un mandrin piézoélectrique peut être mise à profit dans ce cas pour obtenir un grand retard avec une faible bande passante de commande, ce grand retard étant complété par un petit retard obtenu selon la présente invention et commandé avec une grande bande passante.

Comme précédemment indiqué la présente invention a encore pour objet un système d'antenne à réseau.

Le principe de tels systèmes est connu depuis longtemps (voir document 7). Pour l'émission ils sont constitués d'un réseau de sources rayonn-

tes constituant des antennes élémentaires et alimentées en énergie hyperfréquence par l'intermédiaire de déphaseurs. Si la variation de phase le long du réseau suit une progression linéaire, une onde plane est générée. Son orientation est fonction des déphasages. Le plus grand déphasage nécessaire dépend de la dimension du réseau. Il peut varier d'une à plusieurs longueurs d'ondes hyperfréquences.

Pour de nombreuses raisons, en particulier le poids et l'encombrement, les guides d'ondes ou câbles coaxiaux peuvent être remplacés par des liaisons optiques pour assurer la distribution du signal hyperfréquence à l'intérieur du système (voir document 2). Le déphasage peut être réalisé soit sur des ondes optiques, soit dans le domaine hyperfréquence. Les techniques optiques permettent potentiellement un gain de poids et des retards plus importants indépendants de la fréquence hyperfréquence ce qui est avantageux dans des systèmes à large bande.

Un système d'antenne à réseau fonctionne aussi en réception ; dans ce cas, c'est la direction d'observation qui est sélectionnée par le choix des déphasages.

Selon la présente invention de tels déphasages peuvent, aussi bien en émission qu'en réception, être réalisés sous la forme de dits retards appliqués par des dispositifs retardateurs tels que précédemment décrit.

De manière générale un système d'antenne à réseau selon la présente invention peut comporter les éléments suivants (voir fig.3) qui sont connus pour les fonctions indiquées :

- un réseau d'antennes élémentaires 50A, 50B... pour émettre ou recevoir des ondes radioélectriques libres d'hyperfréquences en recevant ou en fournissant des signaux électriques d'hyperfréquences correspondant à ces ondes, respectivement,
- un circuit central 52 pour émettre ou recevoir lesdits signaux électriques d'hyperfréquences vers ou à partir desdites antennes élémentaires, respectivement,
- et des lignes composites 2A, 4A, 10A, 12A, 2B, 4B, 10B, 12B correspondant respectivement auxdites antennes élémentaires pour transmettre chacune lesdits signaux électriques d'hyperfréquences avec un retard commandé entre ladite antenne élémentaire correspondante et ledit circuit central, chacune de ces lignes composites 2A, 4A, 10A, 12A comportant elle même :
- un émetteur électro-optique modulable 2A, 4A pour recevoir un signal d'entrée constitué par un dit signal électrique d'hyperfréquence et pour fournir en réponse un signal optique modulé par ce signal d'entrée,
- une fibre optique retardatrice 10A pour recevoir en entrée ledit signal optique modulé et pour le

guider en lui appliquant un retard,

- un récepteur optoélectrique 12A pour recevoir ledit signal optique modulé en sortie de ladite fibre optique retardatrice et pour fournir un dit signal électrique d'hyperfréquence constituant un signal de sortie représentatif de la modulation qui affectait ce signal optique,

- et des moyens de commande de retard pour commander ledit retard appliqué par ladite fibre optique retardatrice.

Ledit émetteur électro-optique modulable comporte avantageusement, selon la présente invention :

- une source optique accordable 2A pour fournir un signal optique à fréquence commandée,
- et des moyens de modulation 4A pour que ledit signal optique à fréquence commandée soit modulé par ledit signal d'entrée,
- lesdits moyens de commande de retard comportant des moyens de commande de fréquence 58 pour commander la fréquence optique de - ladite source optique dans une bande de fréquences optiques de service,
- ladite fibre optique retardatrice 10A présentant une dispersion chromatique sensible dans ladite bande de fréquences optiques de service.

La figure 3 représente un exemple d'un tel système utilisé en réception.

Conformément à cette figure un premier élément d'antenne 50A applique, par l'intermédiaire d'un amplificateur hyperfréquence 51A, un dit signal d'entrée à un modulateur électro-optique tel que 4A en entrée d'une première ligne composite. Ce modulateur constitue desdits moyens de modulation. Il fait partie d'un émetteur optique comportant en outre un laser semi-conducteur multisection 2A constituant une dite source accordable.

Après transmission par une fibre transmettrice et retardatrice 10A, le signal modulé par le modulateur 4A est reçu par un récepteur opto-électrique 12A, en sortie de la ligne composite, qui fournit un signal de sortie hyperfréquence retardé par rapport au signal d'entrée.

Après amplification dans un amplificateur commandable 13A ce signal de sortie est appliqué au circuit central 52.

Un deuxième élément d'antenne et une deuxième ligne composite correspondante comportant des éléments analogues désignés par les mêmes numéros de référence mais avec la lettre B au lieu de la lettre A.

D'autres éléments d'antenne et lignes composites ne sont pas représentés.

Les fréquences des lasers 2A, 2B etc... sont commandées par un processeur 58 en fonction de la direction d'observation souhaitée.

La grande bande passante des dispositifs retardateurs utilisés dans ce système d'antenne permet

de commuter très rapidement la direction d'émission (ou de réception) vers plusieurs cibles (ou émetteurs). Elle permet aussi d'asservir une direction moyenne de pointage en utilisant une méthode de modulation de direction analogue à celle utilisée en optique pour les miroirs à adaptation de phase.

Les documents auxquels il a été fait référence ci-dessus sont les suivants :

(1) W.M. BRUNO, W.E. STEPHENS and T.R. JOSEPH, SPIE, vol 756, p 142 (1987).

(2) SPIE, vol 886 (1988) (Sessions 7 et 8).

(3) M. KONDO, K. KOMATSU, Y. OHTA, S. SUZAKI, K. NAKASHIMA and H. GOTO, 100C 83, technical Digest, p 437.

(4) N.V. JESPERSEN, A.C. HEATH and E.S. ROLLER, SPIE, vol 756, p 156 (1987).

(5) D. LECLERC, J. JACQUET, D. SIGOGNE, C. LABOURIE, Y. LOUIS, C. ARTIGUE et J. BENOIT, Elec. Letters, n° 25, p 45 (1989).

(6) D.W. DOLFI, M. NAKARATHY and R.L. JUNGEMAN, Elec. Letters, N° 24, p.529 (1988).

(7) S. DRABOWITCH, Chapitre XIV, Masson Ed.

(8) R.A. SOREF, "Programmable time-delay devices", Applied Optics, vol.23, n° 21, November 1st, 1984, pp 3736-3737.

(9) P.R. HERCZFELD et al., "Wide-band true time delay phase shifter devices", Proc.IEEE MTT-5 International Microwave Symposium Digest, Las Vegas, Na.; June 1987, PP 603-606.

## Revendications

1/ Procédé pour appliquer un retard commandé à un signal modulant une onde porteuse optique, caractérisé par le fait qu'on commande la fréquence de ladite onde porteuse et qu'on injecte cette dernière dans un guide d'ondes optiques dispersif (10).

2/ Dispositif retardateur commandé comportant :

- un émetteur optique modulable en intensité pour recevoir un signal à retarder constituant un signal d'entrée et pour fournir en réponse un signal optique modulé par ce signal d'entrée,
- une fibre optique retardatrice (10) pour recevoir en entrée ledit signal optique modulé et pour le guider en lui appliquant un retard,
- un récepteur (12) pour recevoir ledit signal optique modulé en sortie de ladite fibre optique retardatrice et pour fournir un signal de sortie représentatif de la modulation qui affectait ce signal optique,
- et des moyens de commande de retard pour commander ledit retard appliqué par ladite fibre optique retardatrice,
- ce dispositif retardateur étant caractérisé par le fait que ledit émetteur optique comporte :

- une source optique accordable (2) pour fournir un signal optique à fréquence commandée,

- et des moyens de modulation (4) pour que ledit signal optique à fréquence commandée soit modulé par ledit signal d'entrée,

- lesdits moyens de commande de retard comportant des moyens de commande de fréquence (8) pour commander la fréquence optique de ladite source optique dans une bande de fréquences optiques de service,

- ladite fibre optique retardatrice (10) présentant une dispersion chromatique de vitesse de groupe sensible dans ladite bande de fréquences optiques de service.

3/ Dispositif retardateur selon la revendication 2, caractérisé par le fait que ladite fibre optique retardatrice (10) présente un coefficient de dispersion supérieur à quinze picosecondes par nanomètre et par kilomètre.

4/ Dispositif retardateur selon la revendication 2, caractérisé par le fait que ladite source optique accordable est un laser semi-conducteur multisection (2).

5/ Dispositif retardateur selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé par le fait que lesdits signaux d'entrée et de sortie sont des signaux électriques d'hyperfréquences.

6/ Système de transmission pour transmettre un signal d'une zone d'entrée (2, 4, 6, 8) à une zone de sortie (12) à distance de cette zone d'entrée, ce signal constituant un signal à transmettre et devant être retardé de manière commandée, ce système de transmission comportant une fibre optique de transmission s'étendant de cette zone d'entrée à cette zone de sortie pour transmettre ce signal sous une forme optique, ce système étant caractérisé par le fait qu'il constitue un dispositif retardateur selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, ledit signal à retarder étant constitué par ledit signal à transmettre, et ladite fibre optique retardatrice (10) étant constituée par ladite fibre optique de transmission.

7/ Système d'antenne à réseau comportant :

- un réseau d'antennes élémentaires (50A, 50B...) pour émettre ou recevoir des ondes radioélectriques libres d'hyperfréquences en recevant ou en fournissant des signaux électriques d'hyperfréquences correspondant à ces ondes, respectivement,
- un circuit central (52) pour émettre ou recevoir lesdits signaux électriques d'hyperfréquences vers ou à partir desdites antennes élémentaires, respectivement,
- et des lignes composites (2A, 4A, 10A, 12A, 2B, 4B, 10B, 12B) correspondant respectivement auxdites antennes élémentaires pour transmettre chacune lesdits signaux électriques d'hyperfréquences avec un retard commandé entre ladite antenne élémentaire correspondante et ledit circuit central,

chacune de ces lignes composites (2A, 4A, 10A, 12A) comportant elle même :

- un émetteur électro-optique modulable (2A, 4A) pour recevoir un signal d'entrée constitué par un dit signal électrique d'hyperfréquence et pour fournir en réponse un signal optique modulé par ce signal d'entrée,

5

- une fibre optique retardatrice (10A) pour recevoir en entrée ledit signal optique modulé et pour le guider en lui appliquant un retard,

10

- un récepteur optoélectrique (12A) pour recevoir ledit signal optique modulé en sortie de ladite fibre optique retardatrice et pour fournir un dit signal électrique d'hyperfréquence constituant un signal de sortie représentatif de la modulation qui affectait ce signal optique,

15

- et des moyens de commande de retard pour commander ledit retard appliqué par ladite fibre optique retardatrice,

ce système d'antenne étant caractérisé par le fait que ledit émetteur électro-optique comporte ;

20

- une source optique accordable (2A) pour fournir un signal optique à fréquence commandée,

- et des moyens de modulation (4A) pour que ledit signal optique à fréquence commandée soit modulé par ledit signal d'entrée,

25

- lesdits moyens de commande de retard comportant des moyens de commande de fréquence (58) pour commander la fréquence optique de ladite source optique dans une bande de fréquences optiques de service,

30

- ladite fibre optique retardatrice (10A) présentant une dispersion chromatique sensible dans ladite bande de fréquences optiques de service.

35

40

45

50

55

FIG. 1

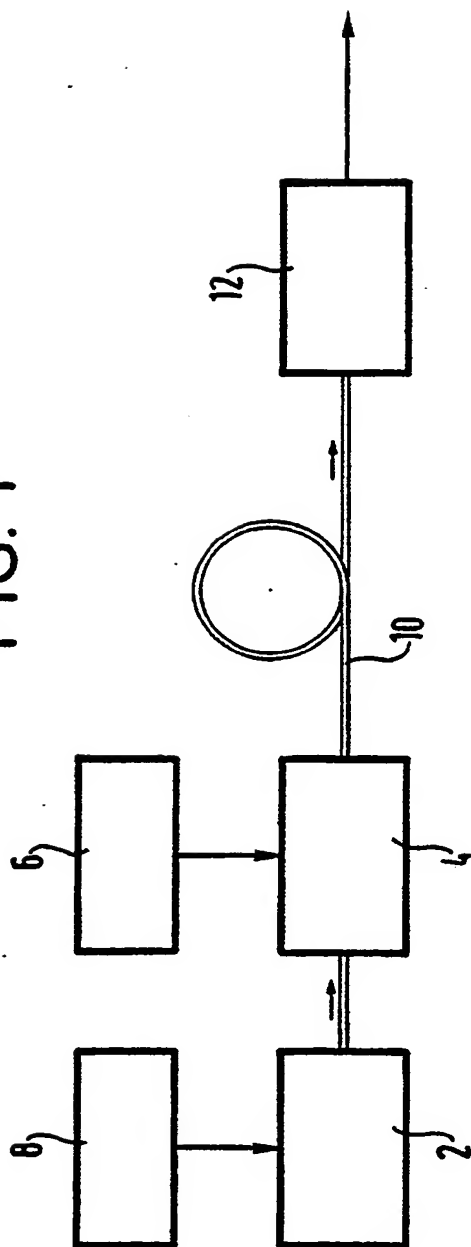
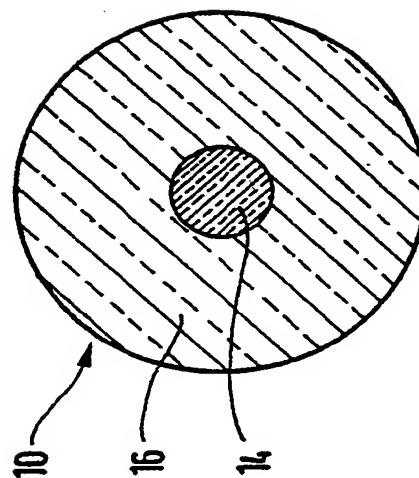
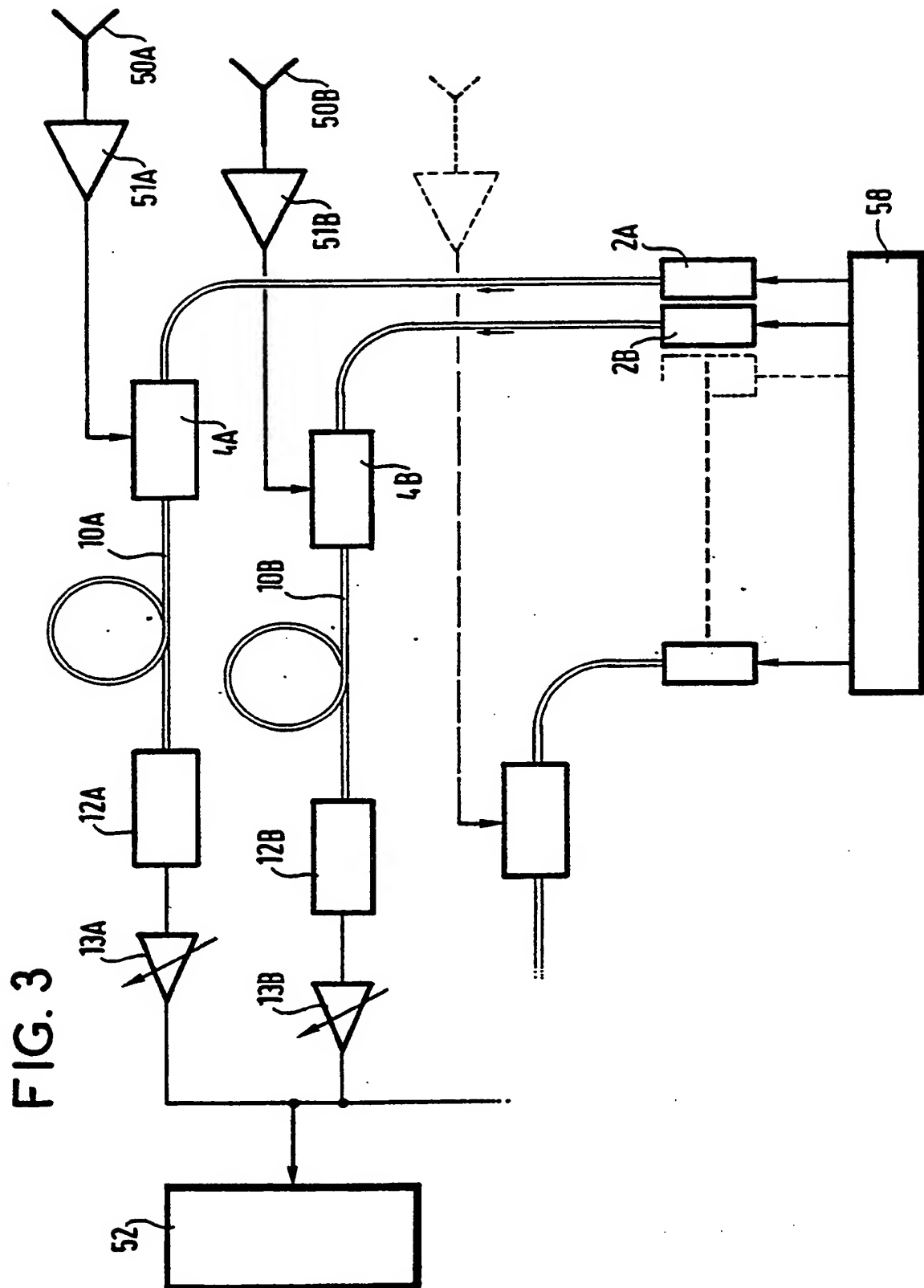


FIG. 2









Office européen  
des brevets

## RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 90 10 6745

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
A	US-A-4 028 702 (A.M. LEVINE) * En entier * ----	1	H 03 H 2/00 H 01 Q 3/26
A	AP-S INTERNATIONAL SYMPOSIUM DIGEST - ANTENNAS AND PROPAGATION, Blacksburg, VA, 15-19 juin 1987, vol. 1, pages 422-425, IEEE, New York, US; T.R. JOSEPH et al.: "Applications of microwave fiber optic links" * En entier * -----	1 /	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			H 03 H H 01 Q
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lien de la recherche <b>LA HAYE</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>24-07-1990</b>	Examineur <b>COPPIETERS C.</b>
<b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b> X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

PTO 01-2311

France  
0,392,416

PROCESS FOR APPLYING A CONTROL DELAY TO A SIGNAL, ESPECIALLY A  
MICROWAVE SIGNAL, DELAY UNIT, OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM AND  
ANTENNA SYSTEM FOR APPLICATION OF THIS PROCESS  
[PROCEDE POUR APPLIQUER UN RETARD COMMANDE A UN SIGNAL NOTAMMENT  
D'HYPERFREQUENCE, DISPOSITIF RETARDEUR, SYSTEME DE TRANSMISSION  
OPTIQUE ET SYSTEME D'ANTENNE APPLIQUANT CE PROCEDE]

J. Chesnoy et al

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE  
Washington, D.C. APRIL, 2001

Translated by: Schreiber Translations, Inc.

Country : France

Document No. : 0,392,416

Document Type : European patent application

Language : French

Inventor : J. Chesnoy, L. Torchin, M. Biet

Applicant : Alcatel N.V.

IPC : H03H 2/00

Application Date : April 9, 1990

Publication Date : October 17, 1990

Foreign Language Title : Procédé pour appliquer un retard  
commande à un signal notamment  
d'hyperfréquence, dispositif  
retardeur, système de transmission  
optique et système d'antenne  
appliquant ce procédé.

English Title : Process for applying a control  
delay to a signal, especially a  
microwave signal, delay unit,  
optical transmission system and  
antenna system for applying this  
process.

Process for applying a control delay to a signal, especially a 1 microwave signal, delay unit, optical transmission system and antenna system for applying this process

Abstract

The present invention allows one in particular to assign a microwave signal of a controllable delay continuously and quickly in a large range and to do so by means of a simple device. This signal is applied for this purpose to a modulator (4) to modulate an optical wave supplied by a tunable laser (2). The optical signal thus modulated is transmitted by a highly dispersive optical fiber (10) with an opto-electrical receiver (12) that restores a delayed microwave signal. The variation of the delay is controlled by variation of the emission frequency of the laser (2).

The invention pertains especially to the implementation of an antenna array system.

This invention pertains to the application of a 2 controlled delay to a signal, especially to a microwave electrical signal, the latter possibly being modulated by an information carrying signal and/or used in an antenna array system.

---

Numbers in the margin indicate pagination in the foreign text.

An existing delay unit for applying such a delay includes certain components that are common to it with respect to the functions indicated above, with a device according to the present invention. These common components are:

- An optical emitter that can be modulated by strength to receive a signal to be delayed that comprises an input signal and to furnish in response an optical signal modulated by this input signal,
- A delaying optical fiber to receive at the input the said modulated optical signal and to guide it while applying a delay to it,
- A receiver to receive the said modulated optical signal at the output from the said delaying optical fiber and to furnish a representative output signal of the modulation that assigns this optical signal,
- And some means of controlling the delay in order to control the said delay applied by the said delaying optical fiber.

The said modulated optical signal being comprised of the modulation of an optical carrier wave the delay that is applied to it is equal to the propagation time of this carrier wave over the length of the said delaying fiber.

The partial assembly unit formed by this fiber and the said delay control devices comprises what has is generally called a

"variable delay line." The need for such opto-electronic devices in the field of microwaves has been often stated as one can see in various known documents that are indicated at the end of the present description, in particular the documents numbered 1 and 2.

The variations of the propagation time of the carrier wave in the delaying fiber can be digitized by means of switching of different length fibers. They can also be continuous. Such a continuous variation can be obtained by a variation of the length of a single fiber, by a variation of the effective index of refraction seen by the carrier wave in such a fiber. Two arrangements only have been described in order to obtain a continuous variation: According to one of these arrangements one controls the length of the fiber by winding of the latter on a piezo-electrical cylindrical tube and by application of a controlled electric field to this tube. According to the other arrangement one uses a multi-purpose fiber and one varies the effective index of refraction by selection of the propagation modes of the carrier wave in this fiber (see document 9).

We will first examine the known delay lines that are used to apply discrete delays:

By using electro-optical switches that allow one to change the delaying fiber by means of an electrical command, a discrete change of the delay can be obtained. The number of the delays

that are capable of being obtained in this manner is small if one uses a single switching state (see document 3). The number is greater if one connects in series several stages of fiber switches (see document 8), but a continuous variation of phase remains impossible. In addition, such a delay line requires the propagation of the optical signal through several electro-optical switches, which causes great insertion losses. On the other hand, if such a delay line must offer a great choice of possible delays, its weight will be important since each delay is obtained by means of a different fiber. An one will encounter practical difficulties in staggering the lengths of the delaying fibers if one desires to obtain a fixed increment between each delay.

We shall now examine known delay lines used to obtain a change of the delay by lengthening of the delaying fiber:

The winding of an optical fiber on a piezo-electric tube provides a means of controlling the length of a fiber by an electrical control (see documents 4 and 9). Some relative variations of length on the order of  $10^{-3}$  could be obtained by this method, which would allow one to attain a delay of 100 ps with a few dozen meters of fiber. Such a delay line then allows one to obtain continuously large delays. Various disadvantages are nevertheless to be noted: the high control voltages necessary (on the order of one kilovolt), the hysteresis of the piezo-electrical lengthening, and also the fact that the passband of



the delay control is limited by the mechanical inertia of the tube (at best a few dozen kilohertz). Such a delay line has in addition significant consumption of energy in dynamic mode, this consumption being due to the high capacitances of the piezo-electric components. The weight of such a device will not be comprised only of the length of the required fiber, but also by the piezo-electrical tube. Therefore, it will be considerable. In the experiment described the microwave frequency is 10 GHz, the phase difference produced is about  $20^\circ$  (5.55 ps or /3 1.11 mm). Optimization potentially would allow one to reach 63 ps.

Finally we shall examine known delay lines in which a change of the index of refraction allows one to control the delay:

The difference of the index between the core and the sheath of a multi-purpose fiber currently attained is  $10^{-2}$ ; considerable propagation time differences can be obtained over short lengths of fiber. For example, 3 meters (see document 2). The changing of modes is obtained by mechanical devices, with micro-curves being induced by a piezo-electric device. The disadvantages are therefore similar to those of the delay lines that employ lengthening of the delaying fiber, the weight being however reduced. Some additional disadvantages are the risk of mode coupling, and the losses due to the micro-curves. The experiment

described for the variation of the group propagation time is a transmission at 7 GHz with a phase difference of  $15^\circ$ .

The present invention has the following goals in particular:

- To allow one to widen the control frequency band of the delay that is applied to the signal to be delayed,
- To control this delay by using for this purpose approximately any optical fiber other than an optical transmission fiber used to transmit this signal to be delayed from an input zone where it is received in the form of the said input signal to an output zone that is distant from this input zone and where this signal to be delayed must be restored in the form of the said output signal,
- To control this delay with the same number of components as used to make a fixed delay,
- To control this delay without greatly increasing the energy losses of the signal,
- To control this delay by means of a device made of low weight, bulkiness and energy consumption,
- To control this delay by means of a simple and inexpensive device that uses only moderate electrical voltages,
- And/or to control this delay in a continuous manner in a wide range of delay values.

The present invention in particular has as a goal a process for applying a controlled delay to a signal that modulates the strength of an optical carrier wave, characterized by the fact that one controls the frequency of the said carrier wave and that one injects this latter wave in a dispersive optical wave guide.

It also has the goal of a controlled delaying device that includes the following common components mentioned previously, and which, according to the present invention, can have at least some of the following preferred arrangements:

- The optical emitter includes;
- A tunable optical source for supplying an optical signal with controlled frequency,
- And some means of modulation so that the said optical signal with controlled frequency is modulated by the said input signal,
- The said means of delay control include some means of frequency control in order to control the optical frequency of the said optical source in a service band of optical frequencies,
- The said delaying optical fiber that has a chromatic dispersion of group speed that is sensitive in the said optical frequency service band;
- The said delaying optical fiber has a dispersion factor greater than 15 ps/nm.km.

- The said tunable optical source is a multiple-section semiconductor laser.
- The said modulation means include an external modulator that receives and modulates an optical beam emitted by this semiconductor laser, it being understood that, to the extent that the optical source could be easily modulated directly, one could advantageously avoid the use of such an external modulator.

The present invention also has as a goal a transmission system to transmit a signal from an input zone to an output zone at a distance from this input zone, this signal comprising a signal to be transmitted and that also must be delayed in a controlled manner, this transmission system including a transmission optical fiber that extends from this input zone to this output zone in order to transmit this signal in an optical form, this system being characterized by the fact that it comprises a delaying device according to any one of the said preferred arrangements, the said signal to be delayed being comprised by the said signal to be transmitted, and the said delaying optical fiber being comprised by the said optical transmission fiber.

The present invention has yet another goal, which is an antenna array system.

By referring to the attached schematic diagrams we shall describe subsequently how the present invention can be implemented, it being understood that the components and arrangements mentioned here and shown are only non-limiting examples of it. When the same component is shown in several figures it is designated by the same reference symbol. The mode of implementation given in the example includes the preferred arrangements described earlier. With respect to the components that have been mentioned with respect to these arrangements the reference symbols that designate them will be indicated following a brief description of the figures:

Figure 1 shows a view of a delay unit according to the present invention.

Figure 2 shows a sectional view of a delaying optical fiber of this delay unit. /4

Figure 3 shows a view of an antenna array system according to the present invention.

On these figures the reference symbols are as follows:

- Multiple-section semiconductor laser 2 comprising the said tunable source.
- Modulation devices 4 comprised of an electro-optical modulator of strength that receives the said signal to be delayed from an input circuit 6.

- Delay and frequency control devices 8 that control the frequency of the laser 2.
- Delaying optical fiber 10 with a core 14 and an optical sheath 16 (Fig. 2).
- Receiving means 12 comprised of an opto-electrical receiver.

With respect to the optical source 2, any laser that is tunable over a range of at least 2 nm can be used. One may use in particular a laser similar to the DFB laser with three electrodes that is described in the document 5. It emits at 1530 nm. Its continuous tunable range is 2 nm. The pass band for the optical frequency modulation of this laser is greater than 1 GHz and determines the pass band for control of the delay. Some lasers of this kind apparently can be made to emit at other wave lengths, in the vicinity of 1300 nm for example.

With respect to the current modulator 4, such devices are available commercially at microwave frequencies. For example, the American company Crystal Technology makes current modulators in which the pass band is 10 GHz. In the laboratory 40 GHz pass bands have been witnessed and announced (see document 6).

With respect to the delaying fiber 10 it is chosen by considering that the desired range of delay variation is equal to the product of three terms which are:

- The dispersion of the fiber, that is, more precisely the group speed dispersion coefficient in the vicinity of the average wave length used,
- The length of the fiber,
- And the tuning range in wave length of the optical source used.

With respect more particularly to the dispersion, it is known that the chromatic dispersion of a single-mode fiber results from the superimposition of two effects; the effect of the material and the effect of the guide [see the book by L. B. Jeunhomme "Single Mode Fiber Optics" edited by Marcel Dekker (New York, 1983)]. Traditionally these two effects are used in such a manner that at the average wave length used the corresponding dispersions factors compensate one another.. According to the present invention, on the contrary, one can attempt to avoid such compensation in order to obtain a value as large as possible of the dispersion and thereby limit the length of the fiber.

In order to do this, in the case when the average wave length used is in the vicinity of 1530 nm, the fiber being made on a silicon base, one will attempt to preserve insofar as possible the natural dispersion of this material. This is obtained by making some fibers in which the core is comprised of pure or slightly doped silicon, their optical sheath being doped, for example, by the means of fluorine in order to lower its index

of refraction. The dispersions currently obtained are 18 ps/nm.km.

In the case when the wave length used is in the vicinity of 1300 nm one will attempt to combine the two previously mentioned effects. Some fibers made for this purpose have heavy doping of their core with germanium oxide  $\text{GeO}_2$  (maximum index difference about 0.03) and a small diameter of the core (4000 nm). The dispersions obtained currently are about 50 ps/nm.km.

However, in the case when the signal to be delayed must, independently of the delay that one wishes to apply to it, be transmitted in optical form in a fiber of great length, it could be useful to take advantage of arrangements in order to increase the dispersion of the fiber.

As for the opto-electrical receiver 12, it can be comprised of a photo-detector that is easily available in the trade.

With respect to the transmission system according to the invention, it is comprised of the delaying device that has just been described, in the case when an input zone that includes the components 2, 4, 6 and 8 is separated from an output zone that includes the receiver 12.

A delay controlled according to the present invention can be combined with a delay controlled according another method, in particular when the length that one can give to a transmission fiber is too small so that this invention allows one with it



alone to obtain a sufficient delay even if this fiber that is chosen is highly dispersive. The complementarity possible with the known method of winding on a piezo-electric tube can be profitably used in this case in order to obtain a large delay with a small control pass band, this large delay being complemented by a small delay obtained according to the present invention and controlled with a large pass band.

As indicated previously the present invention also has the goal of an antenna array system.

The principle of such systems has been known for a long time (see document 7). For emission they are comprised of a network of radiating sources consisting of elementary antennas and 15 powered with microwave energy through the intermediary of phase shifters. If the phase variation along the network follows a linear progression a plane wave is generated. Its orientation is a function of the phase shifts. The greatest required phase shift depends on the size of the network. It can vary from one to several microwave wave lengths.

For many reasons, in particular the weight and bulkiness, wave guides or coaxial cables can be replaced by optical connections in order to assure distribution of the microwave signal inside the system (see document 2). The phase shift can be accomplished on optical waves, or in the microwave domain. Optical techniques allow potentially a gain of weight and greater

delays independent of the microwave frequency, which is advantageous in wide-band systems.

An antenna array system also functions in reception; in this case it is the observation direction that is selected by the choice of the phase shifts.

According to the present invention such phase shifts can, during emission as well as in reception, be made in the form of the said delays applied by delaying devices as described previously.

In a general way an antenna array system according to the present invention can include the following components (see fig. 3) that are known for the indicated functions:

- An array of elementary antennas 50A, 50B... to emit or receive microwave free radio-electronic waves by receiving or by supplying microwave electrical signals that correspond to these waves, respectively,
- A central circuit 52 to emit or receive the said microwave electrical signals toward or from the said elementary antennas, respectively,
- And some combined lines 2A, 4A, 10A, 11A, 2B, 4B, 10B, and 12B that correspond respectively to the said elementary antennas in order to transmit each of the said microwave electrical signals with a delay controlled between the said corresponding elementary antenna and the said central

circuit, each of these combined lines 2A, 4A, 10A, 12A including itself:

- An electro-optical emitter that can be modulated 2A, 4A, in order to receive an input signal comprised of one said microwave electrical signal and to furnish in response an optical signal modulated by this input signal,
- A delaying optical fiber 10A to receive at the input the said modulate optical signal and to guide by applying to it a delay,
- An opto-electrical receiver 12A to receive the said optical signal modulated at the output of the said delaying optical fiber and to furnish one said microwave electrical signal that comprises an output signal representative of the modulation that assigns this optical signal,
- And some means of delay control in order to control the said delay applied by the said delaying optical fiber.

The said changeable electro-optical emitter includes advantageously, according to the present invention:

- A tunable optical source 2A to furnish an optical signal at controlled frequency,
- And some modulation devices 4A so that the said optical signal with controlled frequency is modulated by the said input signal,

- The said means of delay control include some means of frequency control 58 to control the optical frequency of the said optical source in a band of service optical frequencies,

The said delaying optical fiber 10A that has a chromatic dispersion that is sensitive in the said service band of optical frequencies.

Figure 3 shows one example of such a system used for reception.

In conformity with this figure a first antenna element 50A applies, through the intermediary of a microwave amplifier 51A, a said input signal to an electro-optical modulator such as 4A at the input of a first combined line. This modulator comprises the said means of modulation. It is part of an optical emitter that includes in addition a multi-section semiconductor laser 2A that comprises a said tunable source.

After transmission by a transmitting and delaying fiber 10A, the signal modulated by the modulator 4A is received by an opto-electrical receiver 12A, at the output of the combined line, which supplies a microwave output signal delayed with respect to the input signal.

After amplification in a controllable amplifier 13A this output signal is applied to the central circuit 52.

A second antenna element and a second corresponding combined line that includes similar components designated by the same reference numbers but with the letter B in stead of the letter A.

Other antenna components and combined lines are not shown.

The frequencies of the lasers 2A, 2B and so forth are controlled by a processor 58 as a function of the desired observation direction.

The large pass band of the delaying devices used in this antenna system allows one to switch very quickly the emission (or reception) direction toward several targets (or emitters). It /6 also allows one to subject it to control of an average plotting direction similar to that used in optics for phase adjustment mirrors.

The documents which we have referred to earlier are the following:

1. W.M. Bruno, W.E. Stephens and T. R. Joseph, Spie, Vol. 756, p 142 (1987).
2. Spie, vol 886 (1988) (Sessions 7 and 8).
3. M. Kondo, K. Komatsu, Y. Ohta, S. Suzuki, K. Nakashima and H. Goto, 100C 83, Technical Digest, p 437.
4. N.V. Jespersen, A.C.Heath, and E.S. Roller, Spie, vol 756, p 156 (1987).

5. D. Leclerc, J. Jacquet, D. Sigogne, C. Labourie, Y. Louis, C. Artigue and J. Benoit, Elec. Letters, No. 25, p 45 (1989).

6. D.W. Dolfi, M. Nakarathy and R.L. Jungerman, Elec. Letters, No. 24, p 529 (1988).

7. S. Drabowitch, Chapter XIV, Masson Ed.

8. R.A. Soref, Programmable time-delay devices, Applied Optics, vol 23, n 21, November 1, 1984, pp 3736-3737.

9. P.R. Herczfild et al., Wide-band true time delay phase shifter devices, Proc. IEEE MTT-5, International Microwave Symposium Digest, Las Vegas, Na; June 1987, pp 603-606.

#### CLAIMS

1. Process for applying a controlled delay to a signal that modulates an optical carrier wave, characterized by the fact that one controls the frequency of the said carrier wave and that one injects this latter wave into a dispersive optical wave guide (10).

2. Controlled delaying device that includes:

- an optical emitter that can be current modulated to receive a signal to be delayed that comprises an input signal and to furnish in response an optical signal modulated by this input signal,

- a delaying optical fiber (10) to receive at the input the said modulated optical signal and to guide it by applying a delay,
- a receiver (12) for receiving the said modulated optical signal at the output of the said delaying optical fiber and to supply a representative output signal of the modulation that assigns this optical signal,
- and some delay control devices to control the said delay applied by the said delaying optical fiber,
- this delaying device being characterized by the fact that the said optical emitter includes:
  - a tunable optical source (2) for supplying an optical signal with controlled frequency,
  - and some modulation devices (4) so that the said optical signal with controlled frequency is modulated by the said input signal,
  - the said delay control devices including some frequency control devices (8) to control the optical frequency of the said optical source in a band of service optical frequencies,
  - the said delaying optical fiber (10) having chromatic dispersion of group speed sensitive in the said band of service optical frequencies.

3. Delaying device according to claim 2 characterized by the fact that the said delaying optical fiber (10) has a dispersion factor greater than fifteen picoseconds per nanometer and per kilometer.

4. Delaying device according to claim 2 characterized by the fact that the said tunable optical source is a multiple-section semiconductor laser (2).

5. Delaying device according to any of the claims 2 to 4 characterized by the fact that the said input and output signals are microwave electrical signals.

6. Transmission system for transmitting a signal from an input zone (2, 4, 6, 8) to an output zone (12) at a distance from this input zone, this signal comprising a signal to be transmitted and having to be delayed in a controlled manner, this transmission system including a transmission optical fiber extending from this input zone to this output zone in order to transmit this signal in an optical form, this system being characterized by the fact that it comprises a delaying device according to any of the claims 2 to 5, the said signal to be delayed being comprised of the said signal to be transmitted, and the said delaying optical fiber (10) being comprised of the said optical transmission fiber.

7. Antenna array system that includes:

- a network of elementary antennas (50A, 50B) to emit or receive microwave free radio-electronic waves by receiving



or supplying microwave electrical signals that correspond to these waves, respectively,

- a central circuit (52) for emitting or receiving the said microwave electrical signals toward or from the said elementary antennas, respectively,
- and some combined lines (2A, 4A, 10A, 12A, 2B, 4B, 10B, 12B) that correspond respectively to the said elementary antennas for transmitting each of the said microwave electrical signals with a controlled delay between the said corresponding elementary antenna and the said central circuit, each of these combined lines (2A, 4A, 10A, 12A) /7 including itself:
  - an electro-optical emitter than can be modulated (2A, 4A) to receive an input signal comprised of one said microwave electrical signal and to furnish in response an optical signal modulated by this input signal,
  - a delaying optical fiber (10A) to receive at the input the said modulated optical signal and to guide it while applying a delay to it,
  - an opto-electrical receiver (12A, to receive the said modulated optical signal at the output of the said delaying optical fiber and to supply a said microwave electrical signal that comprises an output signal representative of the modulation that affects this optical signal,

- and delay control devices to control the said delay applied by the said delaying optical fiber, this antenna system being characterized by the fact that the said electro-optical emitter includes;
  - a tunable optical source (2A) for supplying an optical signal with controlled frequency,
  - and some modulation devices (4A) so that the said optical signal with controlled frequency is modulated by the said input signal,
  - the said delay control devices that include the means of frequency control (58) in order to control the optical frequency of the said optical source in a service band of optical frequencies,
  - the said delaying optical fiber (10A) having a chromatic dispersion that is sensitive in the said service band of optical frequencies.

FIG. 1

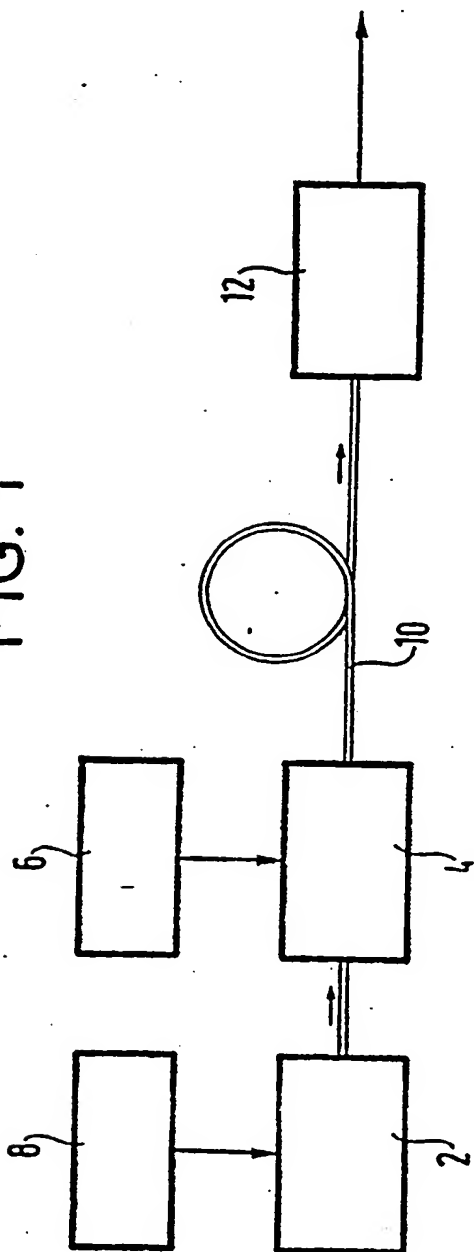


FIG. 2

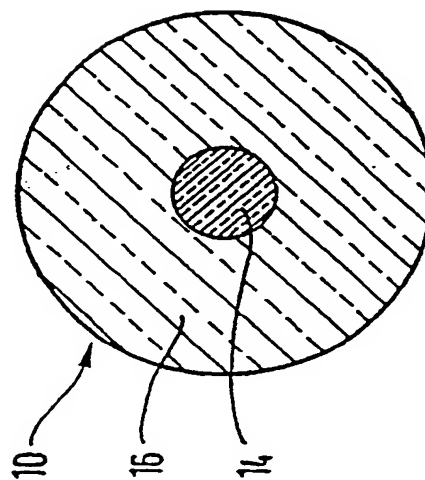


FIG. 3

